



3
7-23-02
DRS

Attorney Docket: 225/50968
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: KLAUS KEILHOFER ET AL
Serial No.: 10/091,598 Group Art Unit: 3661
Filed: MARCH 7, 2002 Examiner: To Be Assigned
Title: METHOD FOR OPERATING A LOAD-DEPENDENT POWER-
GENERATING SYSTEM IN A VEHICLE

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Box Missing Parts
Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 101 11 562.8, filed in Germany on March 10, 2001, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

June 7, 2002

Respectfully submitted,

Gary R. Edwards
Registration No. 31,824

CROWELL & MORING, LLP
P.O. Box 14300
Washington, DC 20044-4300
Telephone No.: (202) 624-2500
Facsimile No.: (202) 628-8844



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 11 562.8

Anmeldetag: 10. März 2001

Anmelder/Inhaber: DaimlerChrysler AG, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen
Stromerzeugungssystems in einem Fahrzeug

IPC: B 60 L 11/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Mai 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wallner,

DaimlerChrysler AG
Stuttgart

FTP/S - fis
22.02.2001

Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen
Stromerzeugungssystems in einem Fahrzeug

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen Stromerzeugungssystems in einem Fahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der EP 0633 157 B1 ist ein gattungsgemäßes Verfahren zur dynamischen Regelung der Leistung für eine Brennstoffzelleneinheit in Fahrzeugen mit elektrischem Antriebsmotor bekannt. Dabei wird aus der Fahrpedalstellung ein Leistungssollwert für die Brennstoffzelleneinheit ermittelt. Die Steuerung der Leistung der Brennstoffzelleneinheit erfolgt über eine Regelung des Massenstroms des Oxydanten, der der Brennstoffzelleneinheit zugeführt wird. Um zu verhindern, daß der elektrische Antriebsmotor mehr Leistung von der Brennstoffzelleneinheit anfordert, als diese momentan liefern kann, wird dem elektrischen Antriebsmotor ein korrigierter Leistungssollwert zugeführt, der aus dem tatsächlichen Oxydantmassenstrom ermittelt wird.

Aus der DE 195 41 575 C2 ist ein Verfahren zur Ermittlung eines Stromsollwertes für ein lastabhängiges Stromerzeugungssystem, insbesondere für ein Brennstoffzellensystem, in einem Elektrofahrzeug bekannt. Dabei werden ausgehend von der Fahrpedalstellung Sollwerte für die Motorstrangströme des elektrischen Antriebsmotors ermittelt. Der Leistungssollwert für das Stromerzeugungssystem wird aus den Sollwerten für die Motorstrangströme des elektrischen Antriebsmotors generiert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das dynamische Verhalten des eingangs beschriebenen Verfahrens weiterzuentwickeln und zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Der Vorteil der Erfindung ist, daß die Auswertung der Fahrpedalbewegung/-stellung eine vorausschauende Berechnung des Leistungssollwertes ermöglicht und somit ein zeitlicher Verzug zwischen angeforderter Leistung und Hochfahren bzw. Herunterfahren des Stromerzeugungssystems überbrückt werden kann. Durch die frühere Anforderung der vorausschauend berechneten, künftigen Leistung verbleibt dem Stromerzeugungssystem mehr Zeit für die Erzeugung des Antriebsstroms, und der elektrische Antriebsmotor kann die Fahrerwunschkraft schneller und dynamischer erreichen. Die Berücksichtigung der Fahrpedalbewegung führt zu einer Verbesserung der Dynamik gegenüber Verfahren, die nur die Fahrpedalstellung heranziehen.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den weiteren Ansprüchen und der Beschreibung hervor.

Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei die Figuren zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben eines lastabhängigen Stromerzeugungssystems in einem Fahrzeug und

Fig. 2 ein Stromdiagramm zur Erläuterung der Dynamik des Stromsollwerts, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren generiert wird.

Nachfolgend ist anhand der Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen Stromerzeugungssystems beschrieben. Das Stromerzeugungssystem ist besonders für den Einsatz mit stark veränderlichen Leistungsanforderungen geeignet, insbesondere für den Einsatz in Fahrzeugen. Das Stromerzeugungssystem 1 versorgt einen elektrischen Antriebsmotor 2 und weitere nicht dargestellte, elektrische Verbraucher in einem Fahrzeug mit Energie. Bevorzugt ist das Stromerzeugungssystem 1 ein Brennstoffzellensystem. In Block 3 werden aus der Fahrpedalbewegung, insbesondere der Winkelbeschleunigung des Fahrpedals, und der Fahrpedalstellung FP, der aktuellen Drehzahl n_{Mot} des elektrischen Antriebsmotors 2 und dem aktuellen Solldrehmoment M_{sol} des elektrischen Antriebsmotors 2 eine vorausschauende Drehzahl n_{vor} und ein vorausschauendes Solldrehmoment M_{vor} des elektrischen Antriebsmotors 2 generiert. FP kennzeichnet die Fahrpedalstellung und die Fahrpedalbewegung. Anschließend wird in Block 5 anhand eines Kennfeldes aus der vorausschauenden Drehzahl n_{vor} und dem vorausschauenden Solldrehmoment M_{vor} ein Leistungssollwert P für den elektrischen Antriebsmotor 2 ermittelt. In Block 6 wird aus dem Leistungssollwert P mit Hilfe eines weiteren Kennfeldes eine vorausschauende Spannung U_{vor} des Stromerzeugungssystems 1 generiert. Der vorausschauende Stromsollwert I_{sol} für das Stromerzeugungssystem 1 ergibt sich dann aus der Division des Leistungssollwertes P mit der vorausschauenden Spannung U_{vor} .

Um die maximale Dynamik des Systems zu nutzen, erfolgt die Stromanforderung an das Stromerzeugungssystem 1 vor der Leistungs- bzw. Momentenanforderung an den elektrischen Antriebsmotor 2. Dadurch kann die Hochlaufzeit des Stromerzeugungssystems überbrückt werden. Durch die

mathematische Auswertung der Fahrpedalbewegung und der Fahrpedalstellung kann die Stromanforderung vorausschauend berechnet werden. Bei der Auswertung wird sowohl die Geschwindigkeit als auch der Bereich des Fahrpedalweges berücksichtigt. Wird z. B. aus konstanter Fahrpedalstellung heraus das Fahrpedal schnell durchgetreten, so wird eine dementsprechend hohe Leistung und ein dementsprechender Strom angefordert. Erfolgt dies jedoch nahe dem oder bei Vollastbetrieb, so ist die angeforderte Zusatzleistung durch die maximal verfügbare Leistung des Stromerzeugungssystems begrenzt und dies wird entsprechend berücksichtigt.

Durch die vorausschauende Berechnung der Spannung U_{vor} des Stromerzeugungssystems 1 wird die Dynamik und die Genauigkeit der Berechnung des Stromsollwertes I_{soll} wesentlich verbessert. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Berechnung der vorausschauenden Spannung U_{vor} die störungsbehaftete Rückkopplung einer gemessenen Spannung des Stromerzeugungssystems 1 ersetzt.

Die Berücksichtigung der aktuellen Drehzahl n_{Mot} und des aktuellen Solldrehmoments M_{soll} des elektrischen Antriebsmotors führt zu einer schnellen Berechnung der Stromanforderung I_{soll} für das Stromerzeugungssystem, die einen stetigen Übergang zwischen dem aktuellen Zustand und dem zukünftigen, dem Fahrerwunsch entsprechenden Zustand des elektrischen Antriebsmotors garantiert. Dies resultiert in einem ruhigen Fahrverhalten des Fahrzeugs.

Zusätzlich wird in Block 4 aus der Änderung des Drehmomentsollwertes M_{soll} des elektrischen Antriebsmotors 2 ein Stromkorrekturwert ΔI ermittelt und mit dem Stromsollwert I_{soll} für das Stromerzeugungssystem 1 summiert. Der Eingangswert von Block 4 ist der Drehmomentsollwert M_{soll} , die Ausgangswerte sind der Stromkorrekturwert ΔI und der Drehmomentsollwert M_{soll} . Der Drehmomentsollwert M_{soll} stellt eine Eingangsgröße des elektrischen Antriebsmotors 2 dar. In Block 4 wird, bevorzugt

mittels Differenzierung, der Anstieg des Drehmomentsollwertes M_{soll} überwacht. Bei entsprechender Zunahme des Drehmomentsollwertes M_{soll} wird die Stromanforderung an das Stromerzeugungssystem 1 erhöht, indem ein Stromkorrekturwert ΔI zum Stromsollwert I_{soll} für das Stromerzeugungssystem addiert wird.

Die Überwachung der Zunahme des Solldrehmomentes M_{soll} erfolgt, damit auf Momentenanforderungen an den elektrischen Antriebsmotor von zusätzlich zum Fahrpedal im Fahrzeug vorhandenen, nicht dargestellten Komponenten, z. B. Tempomatregelung, Creeper, ESP, mit einer entsprechenden Erhöhung der Stromanforderung bzw. des Sollstromwertes I_{soll} für das Stromerzeugungssystem 1 reagiert werden kann. Vorteilhaft ist, daß nicht die Momentenanforderung jeder einzelnen Komponente sondern die zusammengekommene Momentenanforderung der Komponenten ausgewertet wird. Dies vermindert den Bedarf an Rechenleistung.

Zusätzlich wird die aktuelle Stromaufnahme I_{Mot} des elektrischen Antriebmotors 2 ermittelt und einer Vergleichsstelle 10 eines Regelkreises als Sollwert zugeführt. Der von dem Stromerzeugungssystem zur Verfügung gestellte Strom I_{ist} wird ebenfalls ermittelt und der Vergleichsstelle 10 des Regelkreises als Istwert zugeführt. In der Vergleichsstelle 10 wird die aktuelle Stromaufnahme I_{Mot} des elektrischen Antriebmotors 2 mit dem von dem Stromerzeugungssystem 1 zur Verfügung gestellten Strom I_{ist} verglichen. Das Vergleichsergebnis wird in Block 8 gefiltert und dann einem ersten Regler 7 zugeführt, mit dessen Hilfe der Stromsollwert I_{soll} des Stromerzeugungssystems 1 auf die aktuelle Stromaufnahme I_{Mot} des elektrischen Antriebmotors 2 eingeregelt wird.

Bevorzugt ist der erste Regler 7 ein sogenannter P-Regler (proportional wirkender Regler) und Block 8 ein Glättungsfilter, vorzugsweise ein Verzögerungsglied 1. Ordnung.

Zusätzlich wird das Vergleichsergebnis der Vergleichsstelle 10 einem zweiten Regler 9 zugeführt, mit dessen Hilfe bei einem positiven Vergleichsergebnisse der Drehmomentsollwert M_{soll} des elektrischen Antriebsmotors 2 reduziert wird.

Der zweite Regler 9 ist vorzugsweise ein sogenannter PI-Regler (Proportional-Integral-Regler). In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Parameter des zweiten Reglers 9 von der aktuellen Drehzahl n_{Mot} des elektrischen Antriebsmotors abhängig.

Der erste und/oder der zweite Reglers 7, 9 sind vorteilhaft einzusetzen, um die Differenz zwischen der aktuellen Stromaufnahme I_{Mot} des elektrischen Antriebsmotors und dem von dem Stromerzeugungssystem 1 zur Verfügung gestellten Strom I_{ist} auszugleichen.

In Fig. 2 ist ein Stromdiagramm zur Erläuterung der Dynamik des Stromsollwertes, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren generiert wird, dargestellt. Dargestellt ist der zeitliche Verlauf des Stromsollwertes. Die durchgezogene Kurve stellt den Stromsollwert I_{soll} dar, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren generiert wird. Die gestrichelte Kurve stellt einen Stromsollwert dar, der bei einem zweiten Verfahren generiert wird, das aus der Fahrpedalbewegung/-stellung FP den Drehmomentsollwert für den elektrischen Antriebsmotor ermittelt und den Stromsollwert für das Stromerzeugungssystem aus dem Drehmomentsollwert für den elektrischen Antriebsmotor generiert. Der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ermittelte Stromsollwert I_{soll} erreicht seinen stationären Wert deutlich schneller als der bei dem zweiten Verfahren ermittelte Stromsollwert. Das heißt, die Dynamik des erfindungsgemäßen Verfahrens ist besser als die Dynamik des zweiten Verfahrens.

DaimlerChrysler AG
Stuttgart

FTP/S - fis
22.02.2001

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen Stromerzeugungssystems (1), das wenigstens einen elektrischen Antriebsmotor (2) in einem Fahrzeug mit elektrischer Energie versorgt, wobei ein Leistungssollwert (P) für den elektrischen Antriebsmotor (2) aus einer Fahrpedalstellung ermittelt wird und eine Stromanforderung an das Stromerzeugungssystem (1) vor einer Momentenanforderung an den Antriebsmotor (2) erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß zur Berechnung des Leistungssollwertes (P) zusätzlich die Fahrpedalbewegung herangezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Berechnung des Leistungssollwertes (P) zusätzlich die aktuelle Drehzahl (n_{Mot}) des elektrischen Antriebsmotors (2) und das aktuelle Solldrehmoment (M_{Soll}) des elektrischen Antriebsmotors (2) herangezogen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine vorausschauende Drehzahl (n_{vor}) des elektrischen Antriebsmotors (2) aus der Fahrpedalbewegung und/oder der Fahrpedalstellung und der aktuellen Drehzahl (n_{Mot}) des elektrischen Antriebsmotors (2) generiert wird, daß ein vorausschauendes Solldrehmoment (M_{vor}) des elektrischen Antriebsmotors (2) aus der Fahrpedalbewegung und/oder der Fahrpedalstellung und dem aktuellen Solldrehmoment (M_{Soll}) des elektrischen Antriebsmotors (2)

generiert wird, und
daß aus der vorausschauenden Drehzahl (n_{vor}) und dem vorausschauenden Solldrehmoment (M_{vor}) mit Hilfe eines entsprechenden Kennfeldes der Leistungssollwert (P) ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß aus dem Leistungssollwert (P) eine vorausschauende Spannung (U_{vor}) des Stromerzeugungssystems (1) generiert wird, und
daß der Stromsollwert (I_{soll}) aus dem Leistungssollwert (P) und der vorausschauenden Spannung (U_{vor}) des Stromerzeugungssystems (1) ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß zusätzlich aus der Dynamik des Drehmomentsollwertes (M_{soll}) des elektrischen Antriebsmotors (2) ein Stromkorrekturwert (ΔI) ermittelt und mit dem Stromsollwert (I_{soll}) für das Stromerzeugungssystem (1) summiert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die aktuelle Stromaufnahme (I_{Mot}) des elektrischen Antriebsmotors (2) ermittelt und einer Vergleichsstelle (10) eines Regelkreises als Sollwert zugeführt wird,
daß der von dem Stromerzeugungssystem zur Verfügung gestellte Strom (I_{ist}) ermittelt und der Vergleichsstelle (10) des Regelkreises als Istwert zugeführt wird,
daß die Vergleichsstelle (10) die Differenz zwischen der aktuellen Stromaufnahme (I_{Mot}) des elektrischen Antriebsmotors (2) und dem von dem Stromerzeugungssystem zur Verfügung gestellten Strom (I_{ist}) bildet, und
daß bei positiver Differenz der Stromsollwert (I_{soll}) des

Stromerzeugungssystem (1) mittels eines ersten Reglers (7) erhöht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß bei positiver Differenz der Drehmomentsollwert (M_{soll}) des elektrischen Antriebsmotors (2) mittels eines zweiten Reglers (9) reduziert wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß als erster Regler (7) ein P-Regler mit vorgeschaltetem Verzögerungsglied 1. Ordnung (8) verwendet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß als zweiter Regler (9) ein PI-Regler verwendet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Parameter des zweiten Reglers (9) von der aktuellen Drehzahl (n_{Mot}) des elektrischen Antriebsmotors abhängig sind.
11. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß als Stromerzeugungssystem (1) ein Brennstoffzellensystem verwendet wird.

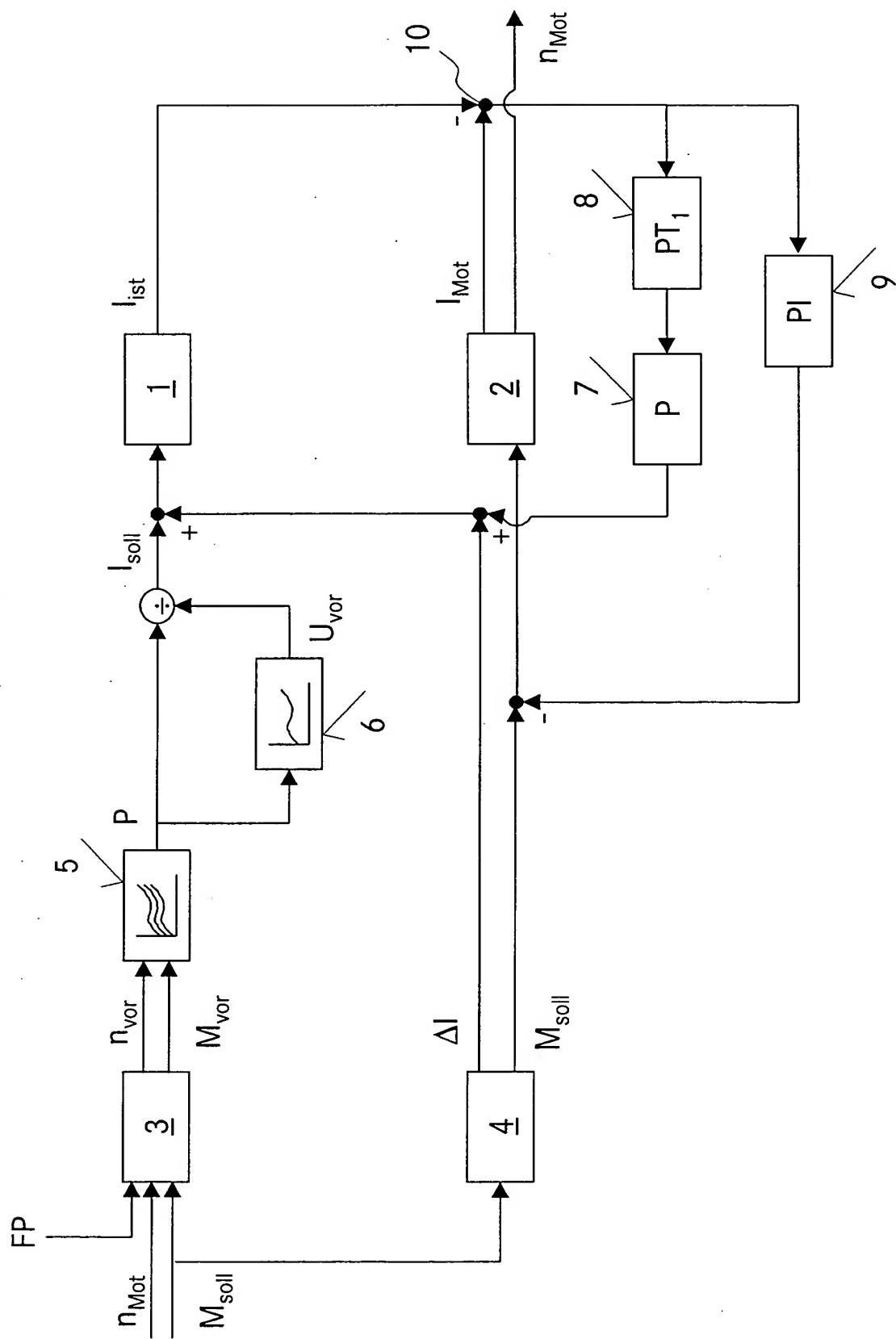


Fig. 1

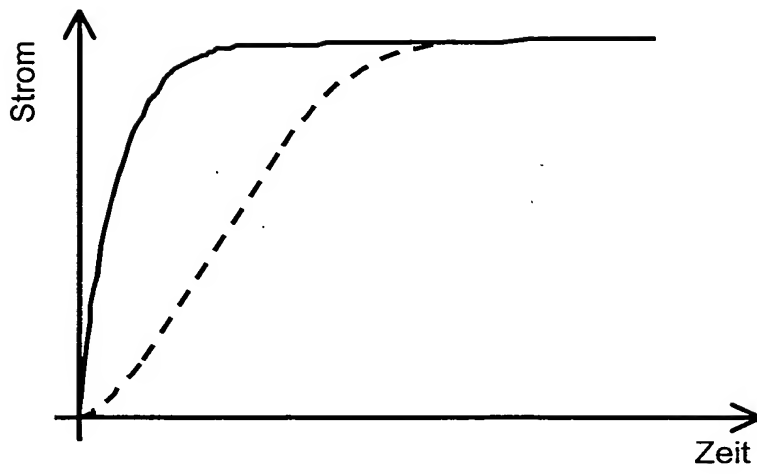


Fig. 2

DaimlerChrysler AG
Stuttgart

FTP/S - fis
22.02.2001

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen Stromerzeugungssystems, das wenigstens einen elektrischen Antriebsmotor in einem Fahrzeug mit elektrischer Energie versorgt, wobei ein Leistungssollwert für den elektrischen Antriebsmotor aus einer Fahrpedalstellung ermittelt wird und eine Stromanforderung an das Stromerzeugungssystem vor einer Momentenanforderung an den Antriebsmotor erfolgt, und wobei zur Berechnung des Leistungssollwertes zusätzlich die Fahrpedalbewegung herangezogen wird.